

火工品制造

刘伟钦等 编

国防工业出版社

欲乎知
如夢

PDG

内 容 简 介

本书是根据火工品生产的经验编写的，系统阐述了火工品制造各方面的问题。在前五章里主要介绍火工品用药剂、辅料的配制和零件的制造方法。第六至九章以火工品装配为中心介绍了各种火工品的主要性能、用途和装配工艺，概要介绍了装配用主要设备和模具，以及装配工房的空气调节等。最后两章叙述了火工品的性能测试和生产中的安全技术问题。

本书是高等工业学校火工品设计与制造专业教材，也可供从事火工品生产的技术人员阅读。

火 工 品 制 造

刘伟钦等 编

*

国防工业出版社 出版

国防工业出版社印刷厂 印刷 内部发行

*

787×1092¹/₁₆ 印张 22¹/₂ 522 千字

1981年5月第一版 1981年5月第一次印刷 印数：0,001—3,500册

统一书号：N15034·2156 定价：2.30元



前 言

火工品构造比较简单，但在各种武器系统和爆破作业中的作用十分重要，一旦发生质量问题，就可能引起整个武器系统失效或爆破作业的失败。火工品质量的好坏，不仅与产品的设计有关，同时与生产工艺的关系也很大。

为了适应培养火工品生产技术人材的需要，我们根据上级指示，结合生产实际编写了这本《火工品制造》。本书主要是根据常规兵器中的火工品生产实践而编写的，涉及民用爆破和其他火工品的内容不多。本书内容大致可分为三大部份：一是火工品中的各种药剂（除猛炸药）、零件和涂料等半成品的制造；二是火工产品的装配工艺、装配的主要设备、模具和工房空气温湿度的调节；三是产品的性能测试和安全技术问题。

本书的初稿是由刘伟钦、张锡琪、吴志华、韩秉洪、徐来、赵凤歧、李懋森、周西文、唐建源、盛建文、胡怀玉等同志编写的。本书的编写过程中，得到了有关学校和工厂领导的大力支持，有关单位的工程技术人员和工人提出了许多宝贵意见。初稿完成后，由刘伟钦、唐建源和王守实三同志为主作了审稿、统稿的工作，在此过程中李懋森、盛建文同志也作了不少整理文稿和图稿工作；另外还特请劳允亮同志对药剂部分进行了审阅。杨翰英、吴桂新两同志描绘全部图稿；张冰漫等同志曾协助誉写文稿。在此向这些单位的领导和同志表示衷心的感谢。由于编写者水平有限，书中难免有不少缺点和错误，请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论 1	2-8-2 制造工艺.....38
§ 1-1 火工品的发展简史..... 1	2-8-3 生产中的质量和技安问题 及原因分析.....40
§ 1-2 火工品的用途..... 2	§ 2-9 原材料精制与加工.....40
1-2-1 军事用途..... 2	2-9-1 氯酸钾精制.....40
1-2-2 民用方面..... 4	2-9-2 硫化锑精制.....42
§ 1-3 火工品的分类..... 5	2-9-3 黑索金钝化.....44
§ 1-4 对火工品的战术技术和 经济要求..... 6	第三章 火工品零件制造45
1-4-1 适当的感度..... 6	§ 3-1 概述.....45
1-4-2 适当的威力..... 6	§ 3-2 冲裁.....47
1-4-3 良好的安定性..... 6	3-2-1 冲裁过程.....48
1-4-4 足够的安全性..... 6	3-2-2 影响冲裁质量的主要因素.....48
1-4-5 经济性好..... 6	3-2-3 圆形零件冲裁模的设计.....49
1-4-6 努力实现系列化、标准化、通用化..... 6	3-2-4 冲裁件的工艺性.....51
第二章 火工品用药剂制造 7	§ 3-3 弯曲.....51
§ 2-1 概述..... 7	3-3-1 弯曲变形过程.....51
§ 2-2 雷汞制造.....20	3-3-2 制件最小弯曲半径.....53
2-2-1 主要工序.....20	3-3-3 坯料展开长度及中性层位置.....54
2-2-2 废液(气)处理和技术安全.....23	3-3-4 弯曲模具的圆角半径与间隙.....55
2-2-3 质量检验.....24	3-3-5 弯曲件质量分析.....57
§ 2-3 氮化铅制造.....26	§ 3-4 拉伸.....58
2-3-1 糊精氮化铅.....26	3-4-1 拉伸变形的特征.....58
2-3-2 羧甲基纤维素氮化铅.....29	3-4-2 拉伸过程的应力与应变.....61
2-3-3 聚乙烯醇导电氮化铅.....29	3-4-3 拉伸件的工艺性.....62
2-3-4 几种氮化铅制造工艺的比较.....30	3-4-4 筒形拉伸件.....62
§ 2-4 沥青钝化三硝基间苯 二酚铅制造.....31	3-4-5 拉伸件坯料形状与尺寸的确定.....64
§ 2-5 四氮烯制造.....33	3-4-6 壁部变薄的拉伸件.....67
§ 2-6 二硝基重氮酚制造.....34	3-4-7 冲挤切口.....69
2-6-1 钠盐法.....34	3-4-8 拉伸的辅助工序.....70
2-6-2 盐酸单一加料法.....36	3-4-9 拉伸件的质量问题.....71
2-6-3 技安问题和废料处理.....36	§ 3-5 冷挤压.....73
§ 2-7 氮化铅与斯蒂芬酸铅共晶 起爆药制造.....36	3-5-1 冷挤压用材料与坯料的准备.....74
§ 2-8 混合药剂的机械混合.....37	3-5-2 坯料尺寸及挤压力计算.....75
2-8-1 混制要求.....37	3-5-3 坯料表面处理和润滑.....78
	3-5-4 冷挤压件质量分析.....80
	§ 3-6 塑料零件制造.....81
	3-6-1 概述.....81

3-6-2	塑料件的成型工艺	81	5-1-3	涂料在火工品上的应用	132
3-6-3	模具设计	85	§ 5-2	涂料的主要成分	133
3-6-4	塑料件的一般疵病	88	5-2-1	油料	133
§ 3-7	纸管成型	89	5-2-2	树脂	134
第四章	零件表面处理	91	5-2-3	颜料	136
§ 4-1	防腐层分类及选择	91	5-2-4	溶剂	137
4-1-1	防腐层分类	91	5-2-5	辅助材料	137
4-1-2	防腐层的选择	91	§ 5-3	常用涂料的配制和用途	139
§ 4-2	表面净化	94	5-3-1	HXN-606(731 胶)	139
4-2-1	金属零件的除油	94	5-3-2	虫胶清漆和松香虫胶漆	140
4-2-2	金属零件的酸洗与抛光	97	5-3-3	酯素胶	140
4-2-3	某些金属在酸碱溶液中的腐蚀	100	5-3-4	聚乙烯醇水溶液	141
§ 4-3	镀锌与钝化	101	5-3-5	骨胶	142
4-3-1	酸性镀锌	101	5-3-6	硝棉漆	143
4-3-2	镀锌层的钝化	102	5-3-7	其它常用涂料	143
§ 4-4	钢零件镀铜	104	§ 5-4	涂覆方法	144
§ 4-5	镀镍	105	5-4-1	刷涂	145
§ 4-6	镀锡	110	5-4-2	指涂	145
4-6-1	碱性镀锡	110	5-4-3	浸涂	146
4-6-2	酸性镀锡	112	5-4-4	滚涂	146
§ 4-7	无氟镀镉	113	5-4-5	空气喷涂	146
§ 4-8	钢零件的氧化处理	115	§ 5-5	涂料的病态	147
§ 4-9	钢零件的磷化	116	5-5-1	涂料在制造及贮存中的病态	147
§ 4-10	钢零件的电泳涂漆	118	5-5-2	涂料在施工时发生的病态	149
§ 4-11	铜及铜合金零件的 钝化、涂漆和氧化	120	5-5-3	涂料成膜后的病态	151
§ 4-12	铝及铝合金的阳极氧化 和化学处理	121	第六章	火工品装配	152
4-12-1	阳极氧化	121	§ 6-1	火帽	152
4-12-2	化学处理	124	6-1-1	概述	152
§ 4-13	零件防腐层质量的检验	125	6-1-2	针刺火帽	153
4-13-1	外观检验	125	6-1-3	撞击火帽	161
4-13-2	镀层厚度检验	126	6-1-4	摩擦火帽	166
4-13-3	镀层孔隙度检验	128	§ 6-2	引信用火焰和针刺雷管	167
4-13-4	镀层牢固性检验	129	6-2-1	结构特点	167
4-13-5	镀层耐蚀性检验	129	6-2-2	装配工艺	171
4-13-6	镀后零件的尺寸检验	130	6-2-3	产品验收	174
第五章	火工品常用涂料	131	§ 6-3	引信电雷管	177
§ 5-1	概述	131	6-3-1	概述	177
5-1-1	涂料的分类	131	6-3-2	火花式电雷管	179
5-1-2	涂料的组成	131	6-3-3	灼热桥丝式电雷管	184
			6-3-4	薄膜式电雷管	188
			6-3-5	屏蔽式导电药电雷管	188
			6-3-6	玻璃半导体薄膜电雷管	191

6-3-7	爆炸桥丝电雷管	192	6-11-2	延期元件	249
6-3-8	爆炸薄膜电雷管	192	第七章 火工品装配专用机械设备		251
6-3-9	火电两用雷管	194	§ 7-1	主要设备	251
§ 6-4	工程雷管	194	7-1-1	装药机	251
6-4-1	概述	194	7-1-2	G02-63型油压机	255
6-4-2	火雷管	195	7-1-3	上移式精压机	262
6-4-3	工程电雷管	199	§ 7-2	辅助机械	263
§ 6-5	底火	211	7-2-1	绸垫下料机	263
6-5-1	概述	211	7-2-2	加强帽收集机	264
6-5-2	小口径弹用底火	213	7-2-3	纸管收集机	266
6-5-3	中大口径弹用底火	215	7-2-4	自动倒药机	266
6-5-4	底-6底火	217	7-2-5	间接上药装置	268
6-5-5	撞击底火检验	218	7-2-6	空中运药线	270
6-5-6	电底火	219	§ 7-3	桥丝焊接机	271
§ 6-6	点火具	221	7-3-1	桥丝点焊机	271
6-6-1	电点火具	221	7-3-2	桥丝压焊机	273
6-6-2	惯性点火具	225	§ 7-4	自动化单机	275
6-6-3	热辐射式延期点火具	225	7-4-1	火帽自动装压药机	275
6-6-4	酸点火管	226	7-4-2	曳光管装药机	278
§ 6-7	曳光管	226	§ 7-5	8号工业纸雷管装配 半自动生产线	287
6-7-1	概述	226	第八章 主要装药压药模具设计		290
6-7-2	曳光管的装配	229	§ 8-1	概述	290
6-7-3	曳光管的检验	231	§ 8-2	单模设计	291
6-7-4	长燃烧时间的曳光管	232	8-2-1	加强帽压药模的设计	292
§ 6-8	导火索	233	8-2-2	管壳压药模的设计	294
6-8-1	概述	233	8-2-3	压合模的设计	295
6-8-2	导火索的制造	234	§ 8-3	群模设计	295
6-8-3	断药、细药的原因与检测	238	8-3-1	群模孔数的确定及孔的排列方法	296
6-8-4	导火索的检验	238	8-3-2	组合模设计	298
§ 6-9	导爆索	239	8-3-3	多孔模设计	299
6-9-1	概述	239	§ 8-4	装药器设计	302
6-9-2	导爆索的制造	240	第九章 生产工房温度湿度的调节		305
6-9-3	导爆索检验	241	§ 9-1	空气主要状态参数	305
6-9-4	柔性金属壳导爆索	242	9-1-1	空气的主要成分	305
§ 6-10	导爆管——非电毫秒雷管		9-1-2	空气压力	306
	起爆系统	242	9-1-3	空气温度及焓	306
6-10-1	导爆管	243	9-1-4	湿度及含湿量	306
6-10-2	非电毫秒雷管	245	§ 9-2	H-d图的应用	308
6-10-3	连接传爆元件和起爆枪	245	§ 9-3	调节空气温度湿度的依据	310
§ 6-11	导爆药柱、传爆管与 延期元件	246	9-3-1	室内参数确定的依据	310
6-11-1	导爆药柱和传爆管	246			



9-3-2	分段空调划分的方法	311			
§ 9-4	空气处理过程	311			
9-4-1	等湿升温过程(加热过程)	311			
9-4-2	等湿降温过程(等湿冷却)	311			
9-4-3	降温去湿过程(冷却干燥)	312			
9-4-4	等焓降温加湿过程(绝热加湿)	312			
9-4-5	等温加湿过程	313			
9-4-6	升温加湿过程	313			
9-4-7	等焓升温去湿过程	314			
§ 9-5	空气调节的方法	314			
9-5-1	直流系统	314			
9-5-2	带一次回风系统	316			
§ 9-6	空调工房布置的原则	318			
§ 9-7	工房温度湿度测量与调整	318			
9-7-1	测量仪表	318			
9-7-2	测定注意事项	319			
9-7-3	工房温度和相对湿度的调整	319			
第十章	火工品试验技术	321			
§ 10-1	安全性试验	321			
10-1-1	震动试验	321			
10-1-2	颠簸试验	321			
10-1-3	锤击试验	323			
10-1-4	颤振试验	325			
10-1-5	离心试验	325			
10-1-6	底火上膛安全性试验	325			
§ 10-2	感度试验	326			
10-2-1	针刺感度试验	326			
10-2-2	火焰感度试验	328			
10-2-3	撞击感度试验	329			
10-2-4	电感度试验	329			
10-2-5	冲击波感度试验	33			
10-2-6	底火发火性试验	331			
§ 10-3	产品输出性能试验	331			
10-3-1	火帽点燃能力试验	331			
10-3-2	火帽火焰长度和持续时间的 测定	332			
10-3-3	雷管起爆能力试验	332			
10-3-4	火工品作用时间的测定	333			
10-3-5	点火压力试验	335			
10-3-6	曳光管发光强度的测定	335			
§ 10-4	环境条件试验	336			
10-4-1	吸潮试验	336			
10-4-2	高低温循环试验	336			
10-4-3	浸水试验	337			
10-4-4	盐雾试验	337			
10-4-5	防霉试验	337			
10-4-6	低气压试验	337			
第十一章	安全技术	338			
§ 11-1	选择厂址和进行总平面布置时 应考虑的安全问题	338			
11-1-1	厂址选择	338			
11-1-2	总平面布置	340			
11-1-3	最小允许距离	340			
§ 11-2	防护土围和工房结构	342			
11-2-1	防护土围	342			
11-2-2	工房结构	343			
§ 11-3	工房防火和电器安全	345			
11-3-1	防火	345			
11-3-2	灭火	345			
11-3-3	电器安全	346			
§ 11-4	避雷装置	346			
11-4-1	一次避雷装置	346			
11-4-2	二次避雷装置	347			
11-4-3	防止高电位蓄积的措施	347			
§ 11-5	静电消除	347			
11-5-1	静电的产生及其危害	347			
11-5-2	消除静电的措施	348			
§ 11-6	废品销毁	351			
11-6-1	销毁场地	351			
11-6-2	销毁方法	351			

第一章 绪 论

§ 1-1 火工品的发展简史

所谓火工品，指的是受很小外界能量激发即可按预定时间、地点和形式发生燃烧或爆炸的元件或装置，用以产生各种预期效应（声、光、电、波、热、气体等）。火工品的应用是极为广泛的。火柴就是最常见、最简单的火工品。弹丸发射和爆炸、手榴弹发火、节日的烟火、大型爆破、人造卫星的发射、工件的爆炸成型等初始能量都是不同类型的火工品提供的。

火工品的发展和火炸药的发展是密切相关的。伟大的中华民族不仅发明了黑火药，并且首先将它应用于军事方面。这在唐代李全著《神机制敌太白阴经》、宋代许洞著《虎铃经》、曾公亮等编《武经总要》的这些著作中都有记载。公元 682 年（唐高宗永淳元年），孙思邈用伏火硫磺法制造黑火药，在他的《丹经》、《丙伏硫磺法》中记述了制造的方法。

18 世纪以前，黑火药是用于火炮发射、弹丸装药以及火工品中的唯一药剂。当时的火工品是由纸管中散装的黑火药构成的，叫做引火烛，用软纸包细粉黑火药搓成的小纸绳（叫做引火线）来引燃。有的用铁棒灼热火嘴引燃，火嘴上放有少量黑火药被引燃而产生火焰，火焰通过传火孔点燃枪筒中的黑火药。到了 18 世纪中期，有人开始用金属筒代替纸做引火烛，同时引火线又有了新的的发展，即用搓成的软麻绳浸透硝酸钾饱和溶液，然后再涂黑火药的方法制造。

化学的发展也促进了火工品的发展。1776 年法国化学家伯托勒发现氯酸盐与可燃剂混合，易受冲击而爆炸。1779 年加瓦特制得雷汞，这是第一种冲击感度较高的起爆药。从此，雷汞逐渐代替了点火用火工品中的黑火药。1807 年，福沙依特用氯酸钾、硫、炭的混合物来引燃发射药，这种混合物称为击发药。1831 年又出现了雷汞、氯酸钾、硫化锑混合的击发药。起初将片状或粒状的击发药，放于两张蜡纸之间粘合，然后安放于手射武器的发射机构中，由撞机冲击而发火。这样使用既不方便又不安全，到 1914 年美国首先用铁孟代替蜡纸。1917 年，英国人爱格采用压有击发药的铜孟，这种火工品称为火帽。击发药和火帽的出现对促进武器的迅速发展具有重要意义。1890 年，出现了爆轰成长期最短的氯化铅，但由于制造中会生成危险结晶，所以直到 1907 年才用于雷管装药。1910 年，发现了冲击感度较大的特屈拉辛。1914 年又制成了火焰感度最好的斯蒂芬酸铅。各种新起爆药的不断涌现和性能的不断改善，为火工品改善性能和增加品种提供了十分有利的条件。

在 19 世纪前半期，在火炮中，还采用过对摩擦敏感的药剂和摩擦装置做成火工品，人们称它为拉发火管。1897 年，有人将撞击发火的枪弹火帽装入传火管中，在火炮上使用。人们把这种传火管称为撞击传火管，后来又叫做底火。

长期以来，黑火药也是唯一的延期药，可是它有易吸潮，气体产物多，延期时间不准等特点。1929 年，出现了硅和铅丹混合的延期药。第二次世界大战时期，英美等国对延

期药进行了广泛的研究，研制了无气体和微气体延期药。

1831年，毕克福在索状织物内松装黑火药，用以传火，这种传火件叫做导火索，由19世纪中期开始广泛用于爆破工程。19世纪末到20世纪初，法国、意大利、德国、瑞典等国又将各种猛炸药装入金属和非金属管壳内，制成了传爆的索状物，称为导爆索。这为大量的炸药包同时起爆创造了条件。1864年，诺贝尔将雷汞装入铜管中，获得了良好的爆炸效果，人们称它为雷管。雷管的出现使武器的战斗部结构和性能的改进大大地向前迈进了一步。

19世纪初，法国人徐洛制造出利用电流使火药发火的电火工品。1830年，美国在纽约港工程中爆破巨大的岩崖时，使用的就是电火工品。20世纪初，电火工品开始用于海军炮和要塞炮中。当时，它是火工品中既安全又可靠的一种。但是，随着电力工业和无线电技术的发展，不断出现电火工品早炸的问题。早在1934年，美国、德国就有人研究过静电对火炸药的害。

我们知道，导弹、飞船上雷达系统输出的功率不断增加，一般电火工品很容易被这种高功率雷达和高频率发射系统的电磁场引爆。美国军械部自1952年开始注意射频引起早炸的问题。美国海军武器实验室在五十年代就开始集中大量人力和物力对射频问题进行研究。它拥有三个电磁辐射对军械的危害问题的实验基地，专职人员就有一百人左右。1961年召开了第一次会议，许多单位发表了不少关于防射频、防静电的新型电起爆装置的设计和学术论文。其它国家也在这方面进行了大量工作。

布登和约夫在《固体中的快速反应》中，曾介绍了50年代氙灯光引爆起爆药的研究，但没有用于火工品。60年代出现了激光新技术，人们及时地利用了激光来对各种火、炸药进行了研究。利用激光能量来引爆装有炸药的火工品叫激光雷管，用来引燃装有烟火剂、推进剂的叫激光爆管，统称激光起爆器。目前，激光起爆、引燃装置多用于导弹和宇航技术上。其优点是：防静电和防射频能力比电起爆、引燃装置高，多发爆炸的同步性好，并且作用前便于测试检查。

我国古代劳动人民发明了黑火药，相继传遍了世界各国，不少国家至今还在使用。然而，由于漫长的封建统治，我国的科学技术事业的发展受到了严重阻碍。中华人民共和国成立以后，在共产党和毛主席的领导下，我国的火工品技术和全国的军事工业一样，日益发展和壮大起来了。导弹热核武器试验成功，人造卫星上天并准确返回地面，这些都标志着我国科学技术，包括火工技术在内，已达到了相当高的水平。但是，与科学技术先进的国家相比，还有一定的差距，所以我们必须百倍努力，为实现四化的宏伟目标而奋斗。

§ 1-2 火工品的用途

1-2-1 军事用途

火工品在军事上的应用极为广泛，主要用来点火和起爆。可以说，任何一种武器，不管是常规的，还是尖端的，都要靠火工品点火才能发射，靠火工品起爆才能使其战斗部发挥效能。除了点火和起爆之外，火工品在军事上常用来完成延期、曳光、抛射（宣传弹、照明弹等）等任务。随着军事技术的发展，火工品还用来进行分离、切割、接力、气体发

生、瞬时热量供给、遥测和遥控开关闭合、座舱弹射等各种工作。

现在以某反坦克增程火箭弹(图 1-2-1)为例,来说明火工品在弹丸发射和爆炸中的重要作用:

1. 发射 底火 1 击发后,点燃了丁字形传火孔中散装传火药 2。火药气体冲开闭气盖 3,引燃点火药包 4、5,又通过传火孔 6 点燃双基发射药 7,同时点燃曳光剂 8。

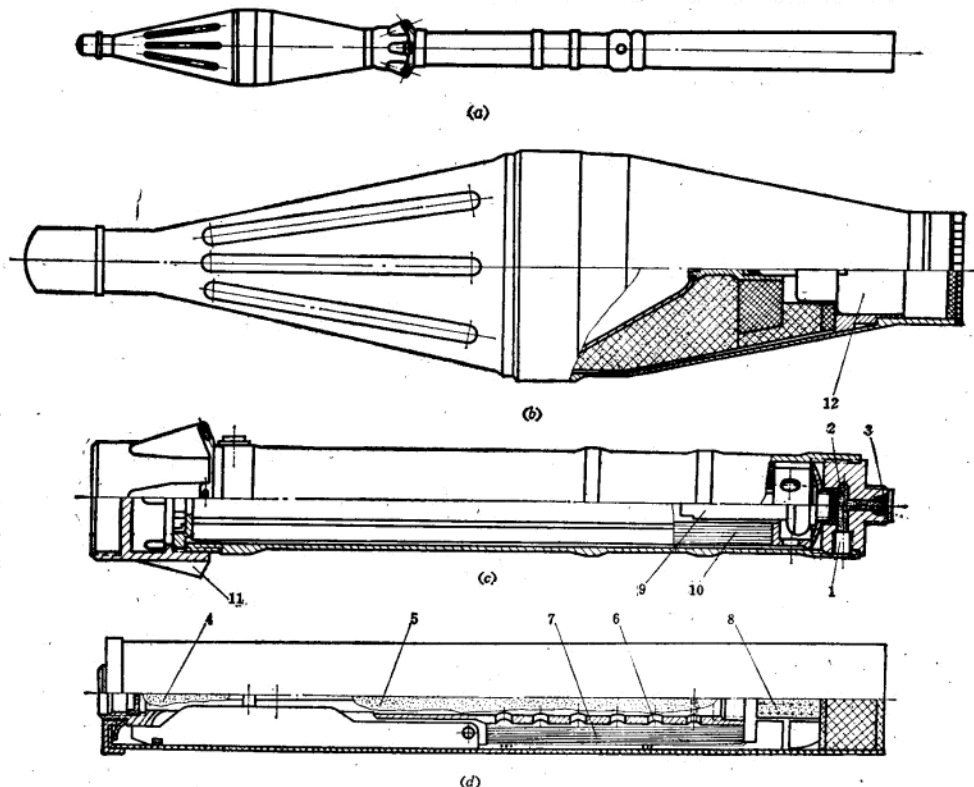


图1-2-1 反坦克增程火箭弹

a—总体示意图; b—战斗部; c—增程发动机; d—起飞发动机。

1—底火; 2—散装传火药; 3—闭气盖; 4、5—引燃点火药包; 6—传火孔; 7—双基发射药; 8—曳光剂; 9—惯性点火具; 10—增程发射药; 11—喷管; 12—引信底部。

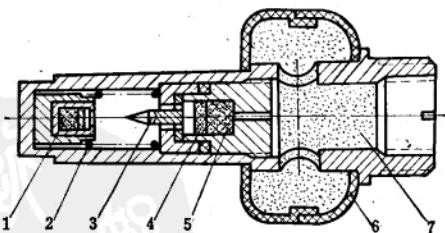


图1-2-2 惯性点火具

1—火帽; 2—弹簧; 3—击针; 4—引燃药; 5—延期药; 6—点火药盒; 7—扩燃药。

2. 增程 惯性点火具在火箭弹发射后飞行 10 米以上的距离时点燃增程药, 气体由喷管喷出, 产生增程推动力。惯性点火具的结构如图 1-2-2 所示, 其作用如下所述。点火具

中的火帽 1 在惯性作用下压缩弹簧 2；与击针 3 相撞而被刺燃。其火焰经击针旁边的传火孔将引燃药 4 和延期药 5 点燃，然后再引燃点火药盒 6 中的扩燃药 7；而将增程药点燃。

3. 战斗部爆炸 火箭发射时，引信的惯性保险解除。同时，引信（图 1-2-3, a）的侧火帽 1 受惯性作用与击针 2 相撞发火，经传火孔将保险延期药 3 点燃。保险药燃完后，

引信处于待发状态（图 1-2-3, b），即滑块 5 在滑块簧 4 作用下滑到位，使电雷管 6 与导爆药柱 7 对正。引信撞击目标时，其中的电雷管在压电陶瓷所产生的电压作用下起爆，依次引爆导爆药柱 7、传爆药柱 8，乃至战斗部主装药柱。

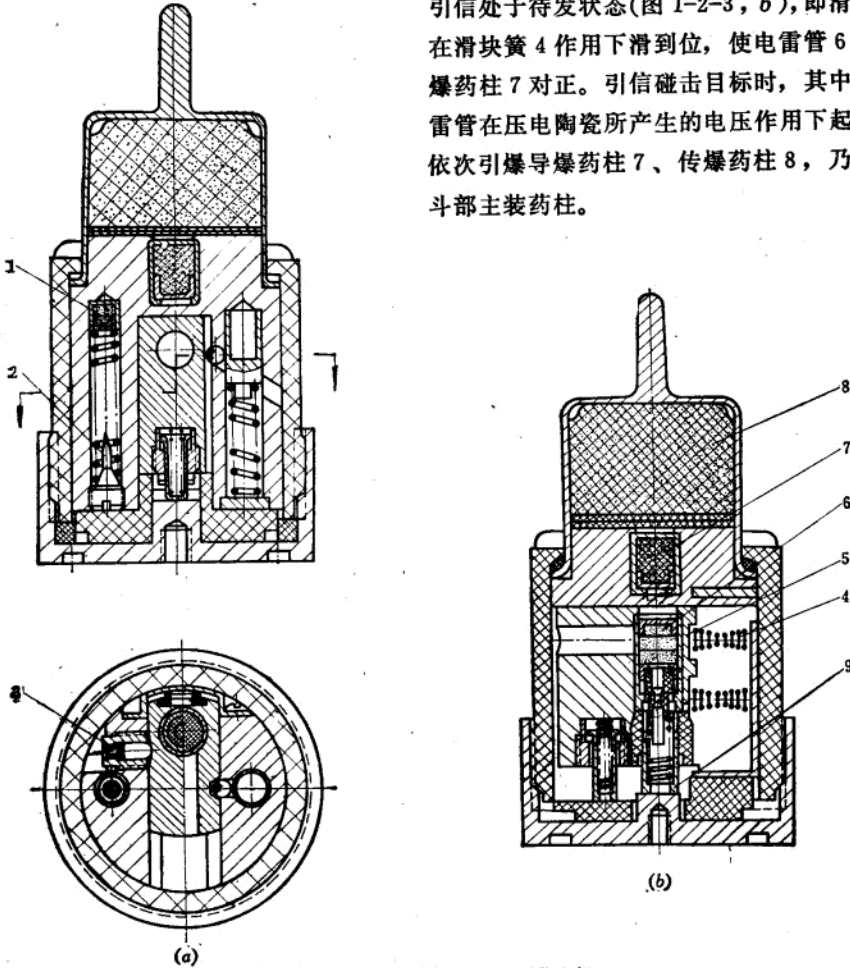


图1-2-3 反坦克火箭增程弹配用引信底部

a—平时保险状态；b—待发状态。

1—侧火帽；2—击针；3—保险延期药；4—弹簧；5—滑块；6—电雷管；7—导爆药柱；8—传爆药柱；9—导电帽。

上面谈到的三个传火系列和一个传爆系列中，除双基发射药、增程药和战斗部中的主、副装药外，其余都属于火工品的范围。由此可见，军用火工品种类繁多、作用十分重要。不要看它们体积很小、结构简单，缺少一个也不行；只要有一个不能正常作用，就会贻误战机，或者造成早炸而使我方蒙受无谓的牺牲。

1-2-2 民用方面

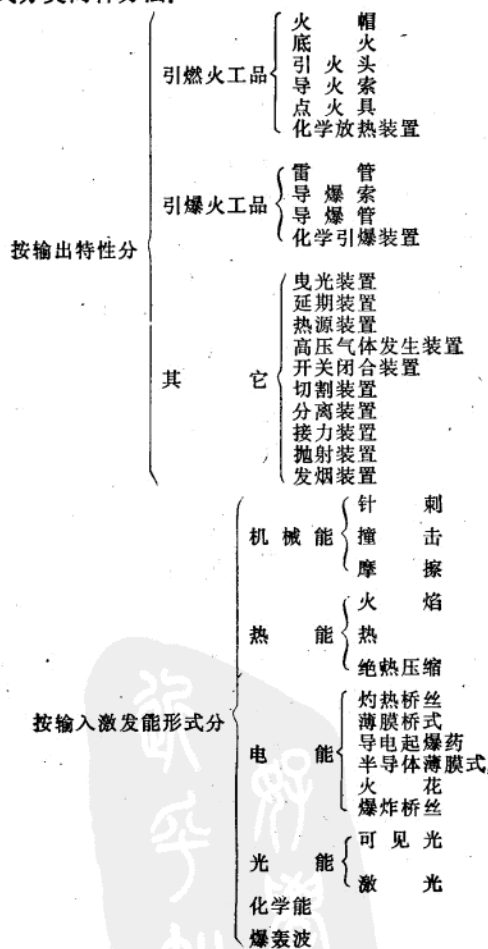
火工品是石油开发、矿山开采、开山筑坝、填沟修路、炸礁建港、爆炸成型、切割钢

板、合成金刚石、沙漠沉杆、航空救生、捕象驯马等等工作中不可缺少的元件和装置。现代化的爆破工程日益增多，为满足大规模的全断面一次爆破或毫秒分段爆破以及各种特殊爆破需要，研制出延期由十几毫秒至数百毫秒的各种毫秒雷管、防水雷管、低阻桥丝抗杂散电流电雷管、薄膜电雷管、导电药雷管、无起爆药雷管、耐高温高压雷管以及各种用途的导爆管、导火索等等。

在各种爆破工程中，火工品质量的好坏，不仅关系到爆破能否引起，更主要的关系到整个爆破过程能否按照人们的意志进行。比如，雷管的延期时间不准，防射频抗静电性能不好，深井采油雷管耐高温高压不够……，不仅不能得到预期的效果，相反还可能导致巨大的危害。所以，在一定意义上讲，工程爆破的效果取决于起爆的雷管和其它火工品的质量。

§ 1-3 火工品的分类

火工品种类繁多，功能不一，有各种不同的分类方法，主要有按输出特性分类和按输入激发能形式分类两种方法：



本书主要讲述引燃和引爆的火工品，为便于叙述，以上两种分类方法在书中是并用的。

§ 1-4 对火工品的战术技术和经济要求

1-4-1 适当的感度

所谓感度就是火工品作用时，所需激发能量的大小。感度高就表示激发火工品时，需输入的能量小；反之，感度低则需输入的能量就大。火工品的感度要适当，这样才能确保作用的准确、可靠和生产、储存、运输、使用时安全。如果感度过低，安全性固然可以保证，但作用的可靠性就没有保证了。反之，如果感度过高，作用的可靠性虽然好，而安全性得不到保证。所以，感度必须适当，并不是越高越好，也不是越低越好。

1-4-2 适当的威力

火工品作用时输出能量的大小叫做威力。火工品威力的大小，是由使用单位提出来的，威力过小或过大都不利于预定任务的完成。例如，引信中的雷管，威力过小时，则不能起爆传爆药柱，威力过大，又会使引信的隔离机构失去作用。所以，火工品的威力也要求适当，既要保证完成任务（如确保点火或起爆），又不要产生副作用。

1-4-3 良好的安定性

火工品的安定性良好，就是产品长期存放在一定的条件下，不会发生变质和失效。这决定于火工品中所用药剂本身或相互之间，以及药剂与其它金属、非金属零件之间，在一定的温度和湿度影响之下是否发生变化（包括物理的和化学的）。不发生变化或变化很小时，火工品的安定性好；反之，安定性不好。我国军用火工品的安定性要求很高，一般要求储存15年以上不变质。

1-4-4 足够的安全性

火工品是危险品，很容易引起燃烧、爆炸等事故。所以，在作用可靠的条件下，火工品必须具有足够的安全性。在正常运输、储存和使用时，火工品不应因受偶然的机械、电、光、热的作用而发火、爆炸。同时，火工品生产中的安全也是十分重要的。制造火工品用的材料和原料应尽量选用无毒的，以免危害工人的健康。

1-4-5 经济性好

在保证火工品性能良好的条件下，结构要简单，零件制造尽量采用无切削或少切削的加工方法，以最大限度地降低生产成本。所采用的原料和材料要来源丰富，价格低廉。

1-4-6 努力实现系列化、标准化、通用化

我国的火工品发展很快，但是有些产品相互之间差别甚微。这样造成了生产、储存和使用上十分不便，成本也高，更严重的是容易造成混乱和意外事故的发生。因此我们要努力开展火工品的系列化、标准化、通用化工作。这对提高生产率、降低成本、保证质量和安全都有十分重大的意义。

第二章 火工品用药剂制造

§ 2-1 概 述

如前所述，火工品是各种武器和弹药引燃或引爆的初始能量的提供者。火工品需借助于火炸药释放的能量，才能完成其引燃或引爆过程。因而，火炸药是火工品的核心和能源。火炸药的性直接影影响着火工品的性能。例如，我们想要设计一个体积小电火工品，首先必须选择一种易于被电能引爆、威力大、安定性好的起爆药和猛炸药，否则难以发挥电火工品的引燃或引爆作用。对火炸药的技术要求，基本上与对火工品的战术技术要求一样(详见 § 1-4)。

在火炸药中，猛炸药和火药是比较钝感的，可以在疏松的状态下远距离运送。而起爆药和烟火药(包括击发药)一般是比较敏感的，不能在疏松的状态下远距离运送。因此，生产火工品的工厂必须自己生产起爆药和烟火药。本章将重点讲述起爆药和混合药剂的制造。

火工品用的药剂按其作用的特点和组成、可分为起爆药、猛炸药、火药和混合药剂四类。

一、起爆药

起爆药的特点是对外界激发能量的作用比较敏感，到达最大稳定爆速所需要的时间很短，即爆轰成长期短。所谓爆轰成长期系指起爆药在受到某种激发能量时的变化过程，它可以用爆炸变化速度来表示。爆炸变化速度的快慢，可以用单位重量起爆药爆炸所经历的时间表示。

在一定条件下，起爆药受激发能量引爆，由开始燃烧转变为稳定爆轰所需的时间，较之猛炸药由开始燃烧转变为稳定爆轰所需的时间要短得多。也就是说，起爆药的爆炸变化速度的增长比起猛炸药的爆炸变化速度的增长要快得多。现将二者的特点示意如图2-1-1。

在火工品中常用的起爆药，又可分为单质起爆药和混合起爆药。常用的单质起爆药有雷汞 $[\text{Hg}(\text{ONC})_2]$ 、迭氮化铅 $[\text{Pb}(\text{N}_3)_2]$ (简称氮化铅)、三硝基间苯二酚铅 $[\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb}\cdot\text{H}_2\text{O}]$ (又称斯蒂芬酸铅)、四氮烯 $[\text{C}_2\text{H}_5\text{ON}_4]$ (又称特屈拉辛)，以及二硝基重氮酚 $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO})_2\text{ON}_2]$ (又称 DDNP)。上述常用单质起爆药的物理、化学、爆炸性能以及质量要求列于表2-1-1。几种常用单质起爆药的结晶形状如图2-1-2所示。

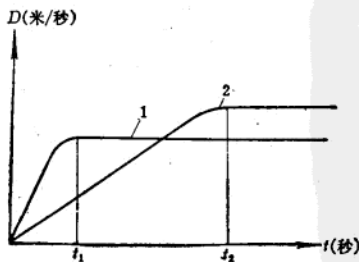
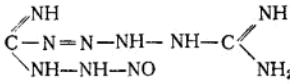
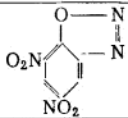


图2-1-1 起爆药和猛炸药的爆轰成长曲线
 t_1 、 t_2 —分别为起爆药和猛炸药的爆轰成长期；1、2—分别为起爆药和猛炸药的爆炸变化速度的增长曲线； t —时间； D —爆速。

表2-1-1 常用起爆药

序号	性能	雷汞	氯化铅		三硝基间苯二酚铅	
			结晶	糊精	结晶	沥青钝化
I	II	III	IV		V	
1	分子式	$\text{Hg}(\text{ONC})_2$	$\text{Pb}(\text{N}_3)_2$		$\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb}\cdot\text{H}_2\text{O}$	
2	结构式	$\begin{array}{l} \text{Hg} \begin{cases} \text{O}-\text{N}\equiv\text{C} \\ \text{O}-\text{N}\equiv\text{C} \end{cases} \end{array}$	$\text{N}\equiv\text{N}=\text{N}-\text{Pb}-\text{N}=\text{N}\equiv\text{N}$			
3	分子量	284	291		468	
4	晶形 (见图2-1-2)	菱形	短柱状晶体(α型)针状(β型)		棱柱形结晶	
5	颜色	白色、允许呈灰色	白到浅黄色		黄色	褐色
6	比重	4.39~4.42	4.71~4.9		3.085	
7	假密度●(克/厘米 ³)	1.22~1.6	1.25~1.35		1.0~1.6	
8	吸湿性(%)	0.02	φ=90% 0.07~0.12%		0.03	0.04
9	水中溶解度(%)	0.07/12°C	0.03/18°C		0.07/17°C	
10	水中爆炸性	含水30%拒燃	较易		较易	
11	易溶剂	氨水、吡啶、丙酮等	乙醚		浓醋酸铵	
12	生成热(千卡/克分子)	-62.8	-110.8		-199	
13	与酸、碱作用	稀酸分解缓慢、浓酸作用爆炸、与碱作用分解	遇酸易分解放出有毒的氮氢酸气, 遇碱分解		与稀酸难分解、与硝酸作用较快、与碱分解	
14	与金属作用	湿态与镁、铝作用 ^{100% 20%} , 与铜生成对摩擦敏感的雷酸铜。干品与镁、铝、锌、铅、锡作用慢, 与镍无作用	干品与金属无作用。湿态与铜作用, 并生成敏感的氯化铜。与铅、与镍无作用		不起作用	
15	热安定性	50°C	2小时分解		3~5年质量变化不大	
		75°C, 48小时减量%	0.15		0.17	
		100°C, 48小时减量%	爆炸		0.5	
16	与光作用	日光直射一个月, 冲击感度降低, 色变成黄黑色	日光照射后, 立即变黄而灰, 长时间可被水份、二氧化碳分解		日光照射后可分解颜色变暗	
17	流散性	较好	好		好	
18	耐压性	不好, 超过500公斤/厘米 ² “压死”	很好		好	较差
19	使用压力(公斤/厘米 ²)	200~350	600±100		1000~1200	300

主要特性与用途

D·S共晶(氯化铅与三硝基间苯二酚铅)	四氮烯	二硝基重氮酚	附注
Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ
	$C_2H_8ON_{10}$	$C_6H_2(NO_2)_2ON_2$	
			
	188	210	
颗粒状聚晶	楔形玻璃状细小结晶	工业品为球状聚晶, 纯品为针状结晶	
桔红	浅黄色	工业品为棕褐色, 纯品为亮黄色	
	1.46	171	
1.0~1.6	0.45	0.4~0.7	
	30°C相对湿度90%、0.77%	0.1(工业品)	相对湿度65%时的饱和吸湿量
	0.02/15°C	0.09/30°C	
较易		难爆	
醋酸铵		丙酮 苯胺	
同氯化铅与三硝基间苯二酚铅	分解	在冷无机酸中安定在热浓酸与碱中分解	
近似氯化铅	不起作用	腐蚀性小, 在潮湿状态与铜、铝、锌、铅有作用	
	安定	安定	
	75°C, 10昼夜减重8%	0.3	
	明显分解	1.57	
日光照射可分解	光照后变色黑且爆炸性能降低	对散射光不敏感, 受直射光照后变色, 曝光超过5小时, 爆炸性能降低	
好	不好	不好	
好	不好, 超过 500公斤/厘米 ² , “压死”	不好, 超过 250公斤/厘米 ² , “压死”	
		100~150	

序号	性能	雷 汞	氮 化 铅		三硝基间苯二酚铅		
			结 晶	糊 精	结 晶	沥青钝化	
I	I	II	IV		V		
20	爆炸反应方程式	$Hg(ONC)_2 \rightarrow Hg + 2CO + N_2 + 116 \text{千卡}$ 或 $Hg + CO_2 + C + N_2$	$Pb(N_3)_2 \rightarrow Pb + 3N_2 + 106 \text{千卡}$		$2C_6H(NO_2)_3O_2Pb \rightarrow 9CO + 3CO_2 + H_2O + 3N_2 + 2Pb$		
21	爆发点 (°C)	延期 1 分钟	155~165		265		
		延期 5 秒钟	170~180	320~330	308~310	345	275
22	冲击感度	上限(厘米)	9.5	33-	24	36	37
		下限(厘米)	3.5	10	10.5	11.5	26.5
23	摩擦感度(发火%)	100	70(大结晶) 90(小结晶)	100	70	40	
24	火焰感度(全发火最大高度, 厘米)	20	小于 8		54	49	
25	静电感度(静电发火最小能量, 焦耳)	2.5×10^{-2}	7×10^{-3}		9×10^{-4} (结晶品)		
26	火花感度	直流电 放电时间(秒)	2		30	1	
		发火情况	发 火		不 发 火	发 火	
	试验	爆炸响声弱			有 响 声		
27	倒药产生的静电	相对湿度(%)	40		40	33	
		静电电压(伏)	-408		-100	-1140	
28	起爆力(极限药量)	0.24 0.165	0.16 0.03 0.03		不能单独使用 不能单独使用		
29	威力(毫升)	28.1~28.7	26.5~32.5		29~29.1		
30	猛 度	条 件	1 克药, 239 大气压		1 克药, 239 大气压	0.4 克药, 239 大气压	
		碎砂量(克)	48.4		36	10.5	
31	爆热(千卡/公斤)	498	354		200		
32	爆温(°C)	4590	4100~4300		3100	2100	
33	爆速(米/秒)	5400(P=4.0~4.3)	5123(P=3.96)		5200(P=2.9)		
34	比容(升/公斤)	310	310		470		
35	生理作用	可产生皮肤湿疹, 有汞化合物的毒性, 主要作用人体中枢神经系统及肝肾。生产中半成品硝酸汞为剧毒汞化合物	毒性较三硝基间苯二酚铅大。遇酸易分解出毒性更大的氮氧化气体, 原料氯化钠毒性更大		产品及原材料均有毒, 对人体作用比氯化铅慢		
36	常用销毁方法	硫代硫酸钠溶液或硫化钠溶液加热处理	亚硝酸钠和硝酸, 后加硫酸		用硫酸处理后沉淀, 澄清液用活性炭吸附后排放		
37	生产中的技安要点	(1) 防止撞击、摩擦、明火; (2) 勿与浓硫酸作用; (3) 勿与铝、镁或铝镁合金接触; (4) 防汞中毒。	(1) 化合、销爆、装盒代好防毒、防尘口罩; (2) 忌用铜或铜合金器具、零件; (3) 避免与酸或酸性气体作用; (4) 湿品处理也需间接操作。		(1) 洗涤、装盒、筛选装药中注意消除静电; (2) 防止摩擦、撞击; (3) 处理产品要间接操作。		
38	用 途	(1) 装火雷管; (2) 用作击发药成分。	(1) 装雷管; (2) 混制新起爆药。		(1) 增加火焰感度; (2) 作针刺敏感剂; (3) 作无锈蚀击发药、针刺药。		

① 假密度即在自由堆积状态下单位体积药剂的重量。

